

# પદાર્થજ્ઞાન.

ચોજક,

૧. ચમનરાય શિવશંકર વૈષ્ણવ.

રાત વર્નાકયુલર સોસાયટી તરફથી

છપાવી પ્રસિદ્ધ કરનાર.

હી હાલ ત્રીભોવનદાસ પારેખ, બી. એ.  
આમિ. સેક્રેટરી—અમદાવાદ.

સંવત ૧૯૬૭.

સને ૧૯૧૦.

કીમત એક આનો.

ગુજરાત વિધાપીઠ ગ્રંથાલય  
અમદાવાદ  
ગુજરાતી કૉપીરાઈટ-સંકેત

૩૩૮

અમદાવાદ  
યુનિયન પ્રીન્ટીંગ પ્રેસ કંપની લિમિટેડ  
મોતીલાલ સામળદાસે છાપ્યું

# गूजरात विद्यापीठ ग्रंथालय

[ गुजराती कॉपीराइट विभाग ]

अनुक्रमांक ३३८८ वर्गीक

पुस्तकानुं नाम ५६६६५५५५८

विषय क

# પદાર્થ જ્ઞાન.



૧.

પદાર્થ જ્ઞાનના પ્રયોગોથી પદાર્થના સ્વભાવમાં ફેરફાર થતો નથી, પરંતુ રસાયનશાસ્ત્રના પ્રયોગોથી એક પદાર્થમાંથી બીજો પદાર્થ બની શકે છે.

## ૧—પદાર્થની ત્રણ સ્થિતિ.

ગરમી.

પદાર્થો ત્રણ પ્રકારની સ્થિતિમાં રહી શકે છે: પાર્થિવ ( solid ), પ્રવાહી ( liquid ), અને વાયવી ( gaseous ). પથ્થર પાર્થિવ પદાર્થ છે, પાણી પ્રવાહી પદાર્થ છે, અને હવા વાયવી પદાર્થ છે. ઘણા પદાર્થો આ ત્રણ સ્થિતિઓમાં આવી શકે

૧. સ્ત્રીજાતિ વિષે વિવેચન.
૨. ગૃહવ્યવસ્થા અને આરોગ્યવિદ્યા. (ત્રીજી આવૃત્તિ.)
૩. મા અને દીકરી.
૪. ઘરમાં વપરાતી ચીજોનું રસાયણ. (બીજી આવૃત્તિ.)
૫. અખળા સંજીવન.
૬. છોકરાંઓની આરોગ્યતા.
૭. સ્ત્રીગીત સંગ્રહ.
૮. સ્ત્રીબોધક સતીચરિત્રો અને તે ઉપરથી સ્ત્રીઓએ લેવાનો બોધ.
૯. સંસારમાં સ્ત્રીની પદવી.
૧૦. મિસ ફ્લૉરેન્સ નાઈટીંગેલનું જીવનચરિત્ર.
૧૧. સ્ત્રીઓની પરાધીનતા.
૧૨. પદાર્થ જ્ઞાન.

ગુજરાત વર્નાક્યુલર સોસાયટીની આફિસ  
અમદાવાદ—તા. ૧૬ ડીસેમ્બર ૧૯૧૦.

# સૌ. કંકુબાઈ સ્મારક ગ્રન્થમાળાનો ઉપોદ્ગાત.

કચ્છના દીવાન પરલોકવાસી રા. બ. મોતીલાલ લાલભાઈનાં પત્ની, સૌ. કંકુબાઈ ઓગણત્રીશ વર્ષની જીવન વયે સ્વર્ગવાસી થયાં તેમના શુભ ગુણના સંભારણામાં મિત્રવર્ગ તરફથી રૂ. ૫૦૦૦ ની રકમ એકઠી કરી તેને “સૌ. કંકુબાઈ સ્મારક ફંડ” એવું નામ આપી, તે સને ૧૮૮૯ માં સોસાઈટીના ટ્રસ્ટમાં અમુક શરતોએ સોંપવામાં આવ્યું છે. તે શરતો અન્વયે તે ફંડના વ્યાજમાંથી અમદાવાદની રા. બ. મગનભાઈ કરમચંદ કન્યાશાળામાં માસિક રૂ. પાંચની એક સ્કૉલર-શીપ તથા તે જ કન્યાશાળામાં વાર્ષિક રૂ. ૨૫) નાં પુસ્તકોનું ઇનામ આપતાં જે રકમ વધે તેમાંથી સ્ત્રી જાતિની કેળવણી પ્રસાર પામે અને સ્ત્રીઓની નીતિ તથા બુદ્ધિની તેમ જ સાંસારિક સુખસંપત્તિની વૃદ્ધિ થાય એવાં ઉપયોગી પુસ્તકો ભાષાંતર, સારોદ્ધારરૂપ ઇનામ આપી નવીન રચાવવામાં આવે છે. તે પ્રમાણે આજ સુધીમાં નીચે પ્રમાણે પુસ્તકો રચાવી “સૌ. કંકુબાઈ સ્મારક ગ્રન્થમાળા” ના નામથી સોસાઈટીએ છપાવી પ્રસિદ્ધ કર્યાં છે:—

એવા હોય છે, જેમકે પાર્થિવ અરક્ષમાંથી પ્રવાહી પાણી બને છે, અને તેમાંથી વરાળ રૂપ વાયુ પણ થાય છે. વળી પાર્થિવ ધાતુ જસત છે તેને અગ્નિ ઉપર ગરમ કરવાથી તે ઓગળીને પ્રવાહી થાય છે અને તેને પણ વધારે ગરમ કરવાથી વાયુરૂપ વરાળ બને છે.

જમીન ઉપર પડેલ વરસાદનું ટીપું ( પાણી ) સૂકાઈ જાય છે તેને શોષણ કે બાષ્પ ( evaporation ) કહે છે. ઊકળતા પાણીમાં ઉભરે આવવાથી તેમાંથી બાષ્પ નીકળે છે, તેથી બહુ જોડથી બાષ્પનું થવું તેને ઉભરે ( ebullition ) કહે છે. વરાળને ઘાટી કરવાથી જે પાણી બને છે તેને સત્ત્વજલ ( distilled water ) કહે છે.

પદાર્થ જે જગો રોકતો હોય તેથી થોડી જગો રોકે એવો કરવો તેને સંક્રમણ ( compression ) કહે છે, અને હોય તેનાથી વધારે જગો રોકે એવો થાય તેને પ્રસારણ ( expansion ) કહે છે. હવા

બહુ સ્હેલાઈથી સંકોચાઈ તથા પ્રસરી શકે છે, અને પ્રવાહી તથા પાર્થિવ પદાર્થો સાધારણ સાધનોથી સંકોચાઈ શકતા નથી. પાણી કે લોહને કોઈ બહુ મજબૂત સંચો પણ સંકોચી કે પ્રસારી શકતો નથી, પણ તેઓને ગરમી ( heat ) અને ઠંડી ( cold ) સ્હેલાઈથી સંકોચી કે પ્રસારી શકે છે. પાર્થિવ, પ્રવાહી, કે વાયવી, કોઈ પણ પદાર્થને ગરમ કરવામાં આવે છે તો તે પ્રસરે છે અને તેને ઠંડો કરવાથી તે સંકોચાય છે. વાયુમાંથી પ્રવાહી રૂપ થાય છે ત્યારે તે વધારે થોડી જગો રોકે છે, અને પ્રવાહીમાંથી પાર્થિવ રૂપ થાય છે ત્યારે તે એથી પણ થોડી જગો રોકે છે. તોપણ એ રીતે પાણીનું થતું નથી. પાણીમાંથી બરફ બને છે ત્યારે તેનું કદ વધે છે. શિયાળામાં પાણી ઠરે છે તેથી તેનું કદ વધે છે, માટે જ નળો તથા ટાંકીઓ તે વખતે ફાટે છે.

કોઈ પણ પદાર્થમાં કેટલી ગરમી કે ઠંડી છે તેનું માપ ઉતોષ્ણતામાપકયંત્ર ( thermometer ) થી નીકળી શકે છે. શરદીથી સંકોચાવાનો તથા ગર-



મીથી પ્રસારણ પામવાનો ગુણ પ્રવાહી પદાર્થોમાં હોય છે, તેના ઉપર આ યંત્રના ઉપયોગનો આધાર છે. બરફ ઓગળવા માંડે છે ત્યારે શતાંશ યંત્ર ( Centigrade thermometer ) માં ૦ અંશ હોય છે, અને ફેરન્હીટ યંત્ર ( Fahrenheit thermometer ) માં ૩૨ અંશ હોય છે. શતાંશ યંત્રમાં ઊકળતા પાણીના અંશ ૧૦૦ હોય છે અને ફેરન્હીટમાં ૨૧૨ અંશ હોય છે.

કેટલાક પદાર્થોમાંથી ગરમી બીજા પદાર્થો કરતાં સહેલાઈથી જતી રહે છે, અને કેટલાકમાંથી તે મોડી જાય છે. લોઢું વગેરે ધાતુઓ જેવા પદાર્થોમાં ગરમી વધારેવાર ટકે છે, તેથી એવા પદાર્થો ગરમીના વાહક ( conductor ) કહેવાય છે, અને હવા લાકડું, કાચલા, વગેરે જલદી ટાલા પડી શકે એવા પદાર્થો ગરમીના અવાહક ( non-conductor ) કહેવાય છે. બહુ મજબૂતીથી બંધ કરેલા વાસણમાં પાણીને ઉકાળવામાં આવે તો તેમાં ગરમીનું પ્રમાણ અત્યંત વધી જાય છે, અને અત્યંત દબાણના જોર-

થી વરાળ નીકળી જાય છે. આનો ઉપયોગ વરાળ-  
મંત્રમાં કરવામાં આવેલો હોય છે. પાણીમાં ગરમી  
ધણી સમાઈ શકે છે, અને એક અંશ ધાતુના વજન-  
ને વધારવાને જોઈએ તેના કરતાં એટલા જ વજન-  
ના પાણીનું વજન એક અંશ વધારવાને ધણી વ-  
ધારે ગરમીની જરૂર પડે છે. સરખા વજનના પારાથી  
૩૦ ગણી, સરખા વજનના લોદાથી ૯ ગણી, ત્રાં-  
બાથી ૧૦ ગણી, રૂપાથી ૧૮ ગણી, સીસાથી ૨૫  
ગણી ગરમી પાણીને જરૂરની છે.

## ૨—તેજ, રંગ.

તેજ સીધી લીટીમાં ગતિ કરે છે, અને તે  
એક સેકન્ડમાં ૧૮૬૦૦૦ માઈલ ચાલે છે. અરીસા  
ઉપર તેજનું કિરણ પડે છે ત્યારે તેનું પ્રતિબિંબ  
( reflection ) પડે છે. કિરણ પડ્યા પહેલાં તથા  
પછી તે કિરણના જે જે ભાગો તે અરીસા સાથે  
ખૂણા પાડે છે, તે ખૂણાઓ સમાન હોય છે તો પણ  
તેઓ સ્થાનસ્થાની બાજુએ પડેલા હોય છે; એથી

કરીને તે કિરણ પાછું ફેંકાય છે તે નિયમને પ્રતિ-  
બિંબ ( reflection ) કહે છે.

જ્યારે કોઈ પદાર્થ પાણીમાં અર્ધો ડૂબેલો હોય  
છે ત્યારે તે અરધો ભાંગેલા જેવો દેખાય છે. જુદી  
જુદી જાડાઈના એક પદાર્થમાંથી બીજા પદાર્થમાંથી  
પસાર થતાં તેજ વક્રીભવન ( refraction ) થાય  
છે, એટલે કે તે આડે માર્ગે જાય છે, તેથી જ તે  
એમ ભાંગેલ જેવો દેખાય છે. આને વક્રીભવન (re-  
fraction) કહે છે. પાતળા પદાર્થમાંથી વધારે જાડા  
પદાર્થ ઉપર તિર્કસ રીતે પસાર થતું તેજનું કિરણ  
સપાટી આગળથી અંદર વળેલું હોય છે, અને જાડા  
પદાર્થમાંથી પાતળા પદાર્થ ઉપર પસાર થતું કિરણ  
બહાર વળેલું હોય છે.

જેની એક અથવા બંને બાજુઓ આંતર્ગોલ  
( concave ) કે બાહ્યગોલ ( convex ) હોય,  
એવો કાચનો ગોળ કડકો ( lens ) છે. જે કાચ  
મધ્યમાંથી બહુ જાડો હોય તે કાચ બાહ્યગોલ હોય  
છે, તે વસ્તુને મોટો દેખાડે છે તેથી તે સક્ષમદર્શક

( magnifying ) કાચ કહેવાય છે. જે કાચો મધ્યમાંથી બહુજ પાતળા હોયછે તેઓ આંતર્ગોલ કહેવાય છે. તેઓ વસ્તુને વધારે નહાની દેખાડે છે.

નજીક પડેલી ઘણીજ આરીક વસ્તુને બહુ મોટી દેખાડે એવી રીતે ગોઠવેલા ઘણા કાચવાળાં સૂક્ષ્મ-દર્શક યંત્રો ( microscopes ) થાય છે. બહુ દૂર પડેલી વસ્તુને પાસે અને મોટી દેખાડે એવી રીતે ગોઠવેલા કેટલાક કાચોવાળી નળીઓને દૂરદર્શક યંત્ર ( telescope ) કહે છે. ટૂંકી નજરવાળા માણસને માટે આંતર્ગોલ કાચનાં અને લાંબી નજરવાળા માણસો માટે બાહ્ય ગોલ કાચનાં બનાવેલાં ચશ્માંઓ ( spectacles ) થાય છે.

બાહ્ય ગોળ કાચમાંથી પસાર થનારાં તડકાનાં કિરણો એક જ બિંદુએ ભેળાં થાય છે, એ બિંદુને કેંદ્ર ( focus ) કહે છે. આ બિંદુ કાચથી જેટલું દૂર હોય તેને કાચની કેંદ્ર લંબાઈ ( focal length ) કહે છે. કોઈ પણ ચોક્કસ કાચની આ કેંદ્ર લંબાઈ

હંમેશાં એક સરખી જ હોયછે, તોપણ જુદા જુદા કાચની કેંદ્ર લંબાઈઓ જુદી જુદી હોય છે. જેમ કેંદ્ર લંબાઈ વધારે ટૂંકી હોય તેમ કાચ વધારે મજબૂત હોયછે. હંમેશાં મધ્યમાંથી નીકળતાં કિરણોની ગરમી તેજની પાછળ આવે છે, અને એ કિરણોની કાચ ઉપર એકઠાં થઈને તેજોમય કેંદ્રમાં મળેછે.

જેની સપાટીઓ સરખી સપાટ હોય પણ સ્થાન સ્થાન સમાંતર ન હોય એવા એક કાચના કડકાની આરપાર જ્યારે તેજનું કિરણ જાય છે ત્યારે તે કિરણ બહાર ફેલાઈ જાય છે અને તે રંગોનો જથ્થો ઉત્પન્ન કરે છે. એ રંગોમાં મેઘ ધનુષ્યના સાત રંગો દેખાયછે. સૂર્યનું તેજ પૃથ્વરણ પામવાથી આ રંગોનો જથ્થો બનેછે તેને સૂર્યની છાયા ( solar spectrum ) કહેછે. મેઘ ધનુષ્યના નીચેના ભાગેથી શરૂ થઈને એ છાયામાં જે સાત રંગો દેખાય છે તે ક્રમસર—નીલલોહીત ( violet ), ગળી ( indigo ), વાદળી ( blue ), લીલો ( green ), પીળો ( yellow ), નારંગી ( orange, ), અને

રાતો ( red ),—એ રીતે હોયછે. આ સાતે રંગો ભેળા મળે છે તો ઘોળો ( white ) રંગ બનેછે.

જે કાચના કડકામાં સૂર્યની છાયા પડેછે તે કડકાને પાસો ( prism ) કે હીરા કાચ કહેછે. એ પાસામાંથી પસાર થતાં કિરણો જાડામાં જાડામાં જાડા ભાગ તરફ વળેછે, તેમાં નીલલોહીત રંગ અડુજ વળેલો હોયછે. ઘોળા તેજના કંઈક ભાગનું રંગિત પદાર્થો શોષણ કરેછે, અને તેને પાછા મૂકી દેછે, અથવા તો પારદર્શક હોય તો બીજા રંગો ઉપર તેને જવા દે છે. આ પ્રમાણે વાદળી રંગની વસ્તુ સાતે રંગોમાંના છ રંગોનું શોષણ કરે છે, અને માત્ર એક વાદળી રંગજ મૂકી દેછે.

### ૩—અવાજ.

એ પદાર્થોના પરસ્પર અથડાવાથી કે ઘસાવાથી હમેશાં અવાજ પેદા થાયછે. એ પદાર્થોના અથડાવાથી તેમાં આંદોલનો ( vibrations ) ઉત્પન્ન થાય છે. એ આંદોલન હવામાં મળી જઈને કાનમાં

પેસેછે. હવાની ગરમી શરદીના પ્રમાણમાં વધારે  
 ઘટાડે, પણ અવાજ એક સેકંડમાં આશરે ૧૧૦૦  
 ફીટની ગતિ હવામાં કરી શકેછે. હવા કરતાં પા-  
 ર્થિવ અને પ્રવાહી પદાર્થો શબ્દના આંદોલનને વધારે  
 ગ્રહણ કરી લે છે.

તેજનું પ્રતિબિંબ જેમ અરીસામાં પડેછે તેમ  
 અવાજનું પ્રતિબિંબ પાર્થિવ અને પ્રવાહી પદાર્થોની  
 સપાટીઓ ઉપર પડે છે. અવાજના આ પ્રતિબિંબને  
 પડ્યો ( echo ) કહે છે.

સુર નીચો કે ગંભીર ( low કે grave ) અને  
 ઊંચો ( high ) કે તીક્ષ્ણ ( shrill ) હોયછે.  
 આ ઊંચાઈ નીચાઈના પ્રમાણમાં સુરનો જે ગુણ  
 હોયછે તેને સુર મેળવવો ( pitch ) કહેછે.  
 દર સેકંડે જેમ આંદોલન વધારે હોય તેમ એ સુર  
 વધારે ઊંચો થાયછે. વેગનો આધાર સુર ઉપર નથી  
 તેથી નીચા તથા ઊંચા, એ બંને સુરોમાં વેગ તો  
 એક સરખોજ રહે છે. દર સેકંડે થતા આંદોલનની

સંખ્યાથી જ્યારે સુર ઉત્પન્ન થાય છે ત્યારે તે સુર બીજા સુર કરતાં આઠ ગણો ( octave ) ઊંચો હોય છે, એટલે કે બીજા સુર કરતાં તેની સંખ્યા બમણી હોય છે. ગાયનના કાંટા ( scale ) ને મળતાં આંદોલનોની વચ્ચે ખરેખરી એકતારતાનાં પ્રમાણોની સાથે એ સુરો સંબંધ રાખે છે.

વાદ્યયંત્રો બે જાતનાં હોય છે; તંતુ વાદ્ય અને વાયુ વાદ્ય. તંતુ-દોરી જેમ વધારે લાંબી તેમ રાગ નીચો થાય છે, અને દોરી જેમ વધારે ટૂંકી હોય છે તેમ સુર વધારે ઊંચો થાય છે. વાદ્યયંત્રની નળી જેમ વધારે લાંબી તેમ સુર નીચો, અને એ નળી જેમ વધારે ટૂંકી તેમ સુર વધારે ઊંચો થાય છે. પ્રતિધ્વનિ કરનારી પેટીઓ અને નાદ કરનારાં પાટિયાંઓની મદદથી નાદ મજબૂત થાય છે. દંતવાદ્ય ( the standard tuning fork ) લા સુરને એક સેકન્ડમાં ૮૦૬ આંદોલનો આપે છે.

### ૪-વીજળી.

લાખની તથા કાચની સપાટી ઉપર ધર્પણ



( friction ) થવાથી એક જગતની શક્તિ પેદા થાય છે તેને વીજળી ( electricity ) કહે છે. લાખમાંથી પેદા થયેલી વીજળીને અસત્ર ( negative ) વીજળી કહે છે, અને કાચમાંથી પેદા થયેલી વીજળીને સત્ર ( positive ) વીજળી કહે છે. સત્ર વીજળીવાળા પદાર્થો બીજા એવા જ સત્ર વીજળીવાળા પદાર્થોનો, અને અસત્ર વીજળીવાળા પદાર્થો અસત્ર વીજળીવાળા પદાર્થોનો અટકાવ ( repel ) કરે છે; પરંતુ સત્ર વીજળીવાળા પદાર્થો અસત્ર વીજળીવાળા પદાર્થોનું આકર્ષણ ( attract ) કરે છે; એ ઉપરથી નીચેના બે નિયમો બનેલા છે:—

(૧) જે પદાર્થમાં જે વીજળી હોય તે પદાર્થ એજ જાતની વીજળીવાળા બીજા પદાર્થનું પ્રાતસારણ (repulsion) કરે છે.

(૨) જે પદાર્થમાં જે વીજળી હોય તે પદાર્થ, બીજા જાતની વીજળીવાળા બીજા પદાર્થનું આકર્ષણ ( attraction ) કરે છે.

બળવાન અને લાંબા કાળના ધર્મણુવાળા (re-  
sistant) ની મ્હોટી રિકાબી પાસે આંગળી રાખવામાં  
આવે તો સૂકા કડાકા કરતા અવાજ સાથે ઝીણા  
તણખાઓ નીકળતા લાગેછે. આ ઘણા અદ્ય સ્વ-  
રૂપમાં ગર્જનાનું તોફાન છે. તણખો તે વીજળી છે  
અને કડાકા કરતો અવાજ તે ગર્જના છે.

લાખ કે કાચને બદલે જો એક લોઢાના સળિ-  
યાને ઘસવામાં આવે તો તે ધર્મણુથી ઉત્પન્ન થતી  
વીજળી એ સળિયા ઉપર પથરાઈ જાયછે, ઘસના-  
રના શરીરમાં જાય છે, અને પૃથ્વીમાં અદ્ય થઈ  
જાયછે. લાખ કે કાચથી એમ થતું નથી, પણ  
એમાં તો જ્યાં ધર્મણુથી તે પેદા થાય છે ત્યાંજ તે  
વળગી રહેછે. આ ઉપરથી એમ કહેવાય છે કે, લોહું  
માણુસનું શરીર, પૃથ્વી, અને પાણી, વીજળીનું સારું  
વહન કરનારા ( good conductors ) પદાર્થો છે;  
અને લાખ, કાચ, તથા રેશમ દુર્વાહક ( bad  
conductors ) પદાર્થો છે. વીજળીના કોઈ પણ  
રૂપને લોઢાના સળિયામાં પેદા કરવું હોય તો તે

સળિયાને રેશમના કેટલાક આંટાઓ દેવા જોઈએ. એમ કરવાથી તેમાંથી વીજળી જતી રહી શકતી નથી. આ ક્રિયાને બંધન ક્રિયા (insulation) કહે છે, અને જે દુર્વાહક પદાર્થથી વીજળીને આમ બંધ કરવામાં આવી હોય તે રેશમ વગેરે પદાર્થને બંધ કરનાર (insulator) કહેવામાં આવે છે. ધર્પણ, અક્ષળાટ, અથવા પરમાણુ જન્ય બળ (induction) પદાર્થોમાં વીજળી પેદા થઈ શકે છે.

કોઈ પણ અણીવાળી વસ્તુને છેડે વીજળી સમકેન્દ્રિત (concentrated) થાય છે, તેથી કરીને અણીવાળો પદાર્થ જો વીજળીનો સારો વાહક હોય તો તે પોતામાંની વીજળીને અણીએથી બહાર કાઢે છે. આ છેડાની શક્તિઓ વારંવાર ઉંચાં ઝાડો, મિનારા, વગેરે ઉપર કુદરતી વીજળી (lightning) ને પાડે છે, તે છેડાઓને વીજળીનાં વાહક બાંધકામોમાં કામે લગાડવામાં આવે છે. વીજળી વાહક એક અણીવાળો લાંબો સળિયો હોય છે, તેને એક જાડી લોઢાની સાંકળ બાંધીને તે સાંકળને ઢૂવામાં ઉતારેલી

હોયછે. જ્યારે અસત્ વીજળીથી ઉત્પન્ન થયેલ વાદળાંનું તોફાન પૃથ્વીની નજીક આવેછે, ત્યારે તે પોતાના અસત્ બળ જોટલાજ બળવાળી સત્ વીજળીને આકર્ષણ કરેછે. આ ઉપરથી નીચેના બેમાંનો એક દેખાવ ઉત્પન્ન થાય છે:—

(૧) જો વાદળું બહુ નજીક ન હોય, અથવા તો તેના ઉપર વીજળીની બહુ ભારે અસર ન થઈ હોય તો પૃથ્વીમાં રહેલી વીજળી કુદરતી વીજળીના વાહકના જેવા તરફ ધીરે ધીરે વહન કરે છે, અને સાંધી તે વાદળાંમાં જઈને મળેછે.

(૨) પણ જો વાદળા ઉપર વીજળીનું ભારે બળ પડ્યું હોય, તો વાહક તથા વાદળાની વચ્ચે એક તણુબો ખરશે, અને છૂટી પડેલી વીજળી લોઠાની સાંકળ મારફત તે દૂવામાં જતી રહેશે.

ભોગ જોગે કુદરતી વીજળીના વધારે વધારે તણુખાઓ એક વાદળામાંથી બીજામાં પસાર થાય છે, પણ વાદળું તથા પૃથ્વીની વચ્ચેથી પસાર થતી નથી.

કૃત્રિમ વીજળી એ પ્રકારનાં યંત્રોથી ઉત્પન્ન કરી શકાય છે:-વિદ્યુત યંત્રથી અથવા તો મિનારાઓથી તે ઉત્પન્ન થાય છે. યંત્રોમાંથી વીજળી ધર્પણથી પેદા થાય છે. રસાયણી રચના ( chemical composition ) કે પૃથક્કરણ (decomposition) થી, -અથવા તો બીજા શબ્દોમાં બોલિયે તો બળવાન કે થોડા બળવાળા રસાયણી પ્રતિક્રિયા (reaction) થાય છે; ત્યારે-વીજળી ઉત્પન્ન થાય છે; આ નિયમને આધારે વીજળી ઉત્પન્ન કરનારા મિનારા (battery) બાંધવામાં આવે છે. આવા મિનારાથી સત્ અસત અને જનતની વીજળી પેદા થાય છે. અને વીજળીઓ મળી જાય એવી રીતે એ તારો ( wires ) ને એકઠા લાવવાથી વિદ્યુદ્ગતિ ( electric current ) પેદા થાય છે. આ ગતિથી ઈન્દ્રિયો ઉપર અસર કરી શકાય છે, જેવી કે—શ્રુભ લથડવી, ખેંચતાણ, અને વખતે મૃત્યુ પણ થાય છે. ચુંબકની સોઈની આડી-

ગતિ, તણખા, વીજળીના દીવા, વગેરે ભૌતિક અસરો થાયછે; અને પાણીનું પૃથક્કરણ એ રસાયણી અસર પણ થાયછે.

## ૫-ચુંબક.

ગજવેલનો એક કડકો લોહાને આકર્ષે એવો હોય છે તેને ચુંબક ( magnet ) કહેછે. તેની આ શક્તિને ચુંબક શક્તિ ( magnetism ) કહેછે. ગજવેલની સોઠીને ચુંબક ઉપર ઘસવામાં આવે છે તો તેમાંથી ચુંબક શક્તિ ( magnetic force ) ઉત્પન્ન થાયછે. વીજળી જેમ એ પ્રકારની છે તેમ ચુંબક શક્તિ પણ એ પ્રકારની છે. એક જાતની ચુંબક શક્તિ હોયછે, તો તેના બીજા છેડામાં બીજી જાતની ચુંબક શક્તિ આવેછે. એકજ પ્રકારની શક્તિવાળા છેડાઓ એક બીજાને દૂર ફેંકે છે (repel) અને સહામ સહામી શક્તિવાળા છેડાઓ એક બીજાને આકર્ષણ કરેછે ( attract ). વીજળીમાં આ

નિયમ છે તેવોજ આમાં પણ છે, એટલે કે સમાન છેડાઓ પ્રતિસારણ કરેછે, તથા વિપમ છેડાઓ આકર્ષણ કરેછે). એક ધરી ઉપર ચુંબકની સોધને ગોઠવવામાં આવેછે તેને ખલાસીઓનું હંદાકાયંત્ર ( compass ) કહેછે. એ સોધનો એક છેડા હમેશાં ઉત્તર તરફજ રૂહેછે. હાલના સમયમાં લોહું કે ગજવેલમાં ચુંબક શક્તિ વાજળીની ગતિઓથી લાવવામાં આવેછે.

### ૬-વજન, ગુરુવાકર્ષણ.

ખાલી જગોમાં સઘળા પદાર્થો એક સરખી ઝડપથી પડેછે. જો ઝડપથી બે પદાર્થો પડે, તે એકજ સરખી ઉંચાઈએથી પડે છતાં જો તેની ઝડપોમાં તફાવત પડતો દેખાય, તો હવાની અટકાયતથી તેમ થાયછે, એમ માનવું. જો હવા ન હોય તો તફાવત પડશે નહિ. પદાર્થ જેમ વધારે લાંબો પડે તેમ તેના વેગ વધારે મ્હોટો હોયછે. પદાર્થ જેવો પડી ચૂક્યો કે તેજ દાણેથી એક સેકન્ડમાં તેનો વેગ

દરસેકંડે આશરે ૩૨ ફુટનો (ખરેખરી રીતે તો ૩૨-૨) હોયછે, એ સેકંડમાં તેનો વેગ  $૩૨ \times ૨$ , અને ત્રણ સેકંડે  $૩૨ \times ૩$ , તથા દસ સેકંડે  $૩૨ \times ૧૦$  ફુટ દરસેકંડે હોય છે. એક સેકંડમાં એક પદાર્થ ૧૬ ફુટ પડે છે, એ સેકંડમાં  $૧૬ \times ૨ \times ૨$ , ત્રણ સેકંડમાં  $૧૬ \times ૩ \times ૩$ , અને ૧૦ સેકંડમાં  $૧૬ \times ૧૦ \times ૧૦$  ફુટ પડેછે. પદાર્થ જે સીધી લીટીમાં પડેછે તેને ઊભી (vertical) કહે છે. ગુરુત્વ મધ્યખિંદુની લીટી (plumb line) ઊભી હોયછે. શરીર પડી ન જાય એવી રીતે તેને ધારી રાખવાને માટે જે દબાણ જોઈયે, તે શરીરનું વજન છે.

સરખા કદના પાણીની સાથે સરખાવેલા શરીરના કદનું વજન, તે શરીરની સ્થૂલતા (density) છે. એથી કરીને સરખા કદના પાણીના વજન વડે ભાગવામાં આવેલા શરીરનું વજન તે સ્થૂલતા છે. ત્યારે પાણીની સ્થૂલતા ૧ લેવામાં આવી છે. સરખા કદના પાણીના વજનથી પારાના કદનું વજન ૧૩. ૫ ગણું છે, સરખા કદના પાણીના વજનથી ૭.૮ ગણું વજન લોઢાના કદનું છે. એથી પારાની સ્થૂલતા ૩૧



અને લોહાની સ્થૂલતા ૭.૮ હોય છે. સરખા કદના પાણીના વજનથી ૦.૭ ગણું વજન સલ્ફ્યુરિક ઇથરના કદનું છે તેથી સલ્ફ્યુરિક ઇથરની સ્થૂલતા ૦.૭ ની હોય છે. પદાર્થનું વજન નક્કી કરવા માટે ત્રાજવાં કે કાંટા વપરાય છે. સ્થૂલતા નક્કી કરવી હોય તો પદાર્થને તોળવો અને એટલા જ કદના પાણીનું વજન કાઢવું. પછી એકને બીજાએ ભાગવું. સરખા કદના પાણીનું વજન, તે પાણીમાં ડૂબતા પદાર્થનો કેટલો ભાર એ પાણી ઝીલે છે તે ઉપરથી, ની કળી શકે છે. પદાર્થની ગરમીનું પ્રમાણ જોમ વધે છે તેમ તેની સ્થૂલતા ઘટતી જાય છે, કેમકે ગરમીથી પદાર્થ ફૂલે છે.

વાસણના તળામાં પ્રવાહી પદાર્થનું જે દબાણ થાય છે તેનો આધાર એ પ્રવાહી પદાર્થની સ્થૂલતા તથા તળા ઉપરની સપાટીની ઉંચાઈ ઉપર હોય છે. પ્રવાહી પદાર્થથી ભરેલ વાસણનો આકાર ગમે એવો હોય, તોપણ તળાથી મથાળા સુધીનો તેનો વ્યાસ ( diameter ) એનો એજ હોય છે, અથવા તે

તે ગળણીની પેઠે તળેથી પહોળો હોયછે, પરંતુ તળા ઉપરનું દબાણ ફેરફાર વગર એમનું એમજ રહેવાનું જેની પીઠનું માપ છ ચોરસ ઇંચનું હોય એવા માછલી ૧૦૦ ઇંચની ઉંડાઈમાં તરતી હોય, તો ૬૦૦ ઘન ઇંચ પાણીના વજન જેટલાજ કુલ દબાણને મદદ કરેછે. આટલા બધા દબાણથી તે માછલી મરી જતી નથી તેનું કારણ એ છે કે એકજ વખતે તેને દબાણ એક સરખું સઘળી બાબતુએથી થાયછે, અને તેનું શરીર જે પાર્થિવ તથા પ્રવાહી પદાર્થોનું બનેલું હોયછે તે દબાય નહિ તેવું હોયછે.

જેવી રીતે પાણીનું દબાણ માછલી ઉપર થાય છે તેવીજ રીતે આપણા શરીર ઉપર દરેક બાજ ઉપર હવા દબાણ કરેછે. હવાનું દબાણ પાણીના રાશિ ( column ) ને ૩૩ ફૂટ ઊંચો રાખે છે. વાતાવરણનું દબાણ માપવામાં વધારે સગવડ ખાતર પાણી કરતાં પારો વાપરવામાં આવે છે, કેમકે પાણી કરતાં પારો ૧૩.૫ ગણો વધારે સ્થૂલ છે. વાતાવરણના દબાણથી પારાના રાશિની ઊંચાઈ, પાણીના

રાશિને ૧૩-૫ થી ભાગતાં આવે છે, એટલે કે ૩૦ ઇંચ આવે છે. દરિયાની સપાટીએ વાયુ ગુરુત્વમાપક યંત્ર ( barometer ) ની સરાસરી ઊંચાઈ આ પ્રમાણેની છે. જો એ યંત્રને પર્વત ઉપર લેઈ જવામાં આવે તો, અથવા બહુનદારા ઊંચું લેઈ જવામાં આવે તો, તેના સ્તંભની ઊંચાઈ ઘટી જાય છે. પિચકારી તથા નાળી વગેરેમાં પ્રવાહી ઊંચું ચઢે છે તે કારણ વાતાવરણનું દબાણ છે.

એક બીજા સાથે સંબંધ જોડવામાં આવેલ હોય એવાં વામણોમાં સઘળાંમાં પાણીની સપાટી એકજ સરખી ઊંચાઈએ રહે છે. ઊંચી જગોમાં કુંડી બાંધીને તેમાં પાણી ભરવામાં આવે, અને પછી એ કુંડીમાં નળ મૂકીને તે નળને નાચે ઉતારીને પાછો ઊંચો લેવામાં આવે તો તે ઊંચે જતા નળમાં તે પાણી ચઢવા માંડે છે, અને તે કુંડી તેટલી ઊંચાઈએ ચઢીને પછી અટકે છે; આનું કારણ પાણીની સપાટી સરખી રહેવાનો જ નિયમ છે.

## ૨.

જે પદાર્થોનું પૃથક્કરણ ( decomposition ) થઈ શકતું નથી તે પદાર્થો સાદા પદાર્થો ( simple body ) કે તત્ત્વો ( elements ) કહેવાય છે. આવા કેટલાક સાદા પદાર્થો એકઠા મળીને એક પદાર્થ બનેલો હોય છે એવા પદાર્થોને મિશ્ર પદાર્થ ( compound ) કહે છે. આજ સૂધીમાં એવા સાદા પદાર્થો આશરે ૭૦ માલમ પડેલા છે. સઘળી ધાતુઓ તત્ત્વ કહેવાય છે. ઘણાખરા સાદા પદાર્થો સાધારણ ગરમીથી જ પાર્થિવરૂપના હોય છે; જેમકે સોનું, રૂપું, લોદું, તાંબું, જસત, સીસું, કલઈ, ગંધક ફોસ્ફોરસ અને સોમલ. પ્રવાહી તત્ત્વો બે છે, તેમાં એક પાણી છે. પાંચ વાયવી તત્ત્વો છે; ઓકસીજન, હાઈડ્રોજન નાઈટ્રોજન, ક્લોરાઈન, અને ફ્લુઓરાઈન.

મિશ્રણો ( mixtures ) અને સંયોગો ( combinations ) વચ્ચે એક ખાસ તફાવત છે. મિશ્રણોમાં મળેલા પદાર્થોનો સ્વભાવ બદલાતો નથી અને એ

મિશ્રણો ગમે તે પ્રમાણમાં બની શકે છે. મિશ્રણ બનવાની ક્રિયા ચોખ્ખી રીતે ભૌતિક (physical) છે. રસાયણી સંયોગોમાં એકઠા થયેલા પદાર્થોનો સ્વભાવ છેક બદલાઈ જાય છે, અને એ પદાર્થોનો સંયોગ સામાન્ય અને નક્કી કરેલા પ્રમાણમાં જ થાય છે. હવા મિશ્રણ છે અને પાણી સંયોગ છે.

## ૧-પાણીની બનાવટ.

હાઈડ્રોજન અને ઓક્સિજન એ બે જાતની હવાઓનો સંયોગ પાણી છે. વીજળીની ગતિથી પાણીનું પૃથક્કરણ સહેલાઈથી થઈ શકે છે. આ પૃથક્કરણની અંદર ઓક્સિજનનું એક અને હાઈડ્રોજનનાં બે કદ ( Volume ) હોય છે.

હાઈડ્રોજન એ ઉભરો આવે એવી હવા છે. સામાન્ય હવા તથા હાઈડ્રોજનનું મિશ્રણ કરીને તેને અગ્નિ ઉપર મૂકીએ તો તુરત એક ધડાકો થાય છે અને પાણી બની જાય છે. કોયલાની ખાણોમાં કેવળ હાઈડ્રોજનની બનેલી આગવાળી હવા કોયલામાંથી નીકળ્ય કરે છે, તેથી ત્યાં આ પ્રમાણે બને છે.

કોયલો બળવાથી જે હવા નીકળે છે તે હવા હાઇડ્રોજનની બીજી સંબંધી હવા છે. એ હવા પણ સાધારણ હવામાં મળીને ગરમ થાય છે તોપણ એજ રીતનો ભયંકર ધડાકો (explosion) થાય છે. વાતાવરણની સાધારણ હવા કરતાં હાઇડ્રોજન ૧૪ ગણી વધારે હલકી હવા છે. તેનો ઉપયોગ હવામાં ઉડવા (aerostatic) ના કામમાં થાય છે; પરંતુ એ હવા બનાવવામાં બહુ વધારે ખર્ચ થાય છે તેથી વિમાનોમાં ઉડવાના કામમાં એ હવાને બદલે સાધારણ કોયલાની હવા (coal-gas) નો ઉપયોગ વિશેષે કરીને થાય છે. એ કોયલાની હવા સાધારણ હવા કરતાં પાંચ ગણી હલકી છે.

ઓકિસજન દહન ક્રિયા (combustion) ને ચાલુ રાખે છે, અથવા બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો આમ અને દીવા ઓકિસજનથીજ બળે છે. આપણી જીવન-શક્તિ, તેમજ સઘળાં પ્રાણીઓ તથા વનસ્પતિની જીવનગતિ ઓકિસજનજ નળવી રાખે છે.

સાધારણ હવા ઓકિસજન અને નાઇટ્રોજનના

મિશ્રણથી બને છે, એટલે કે એક પંચમાંથી ઓકિસજન અને ચાર પંચમાંથી નાઇટ્રોજનની તે બને છે. એ સાધારણ હવામાંથી ફાસ્ફોરસ વડે ઓકિસજનનું શોષણ કરવાથી નાઇટ્રોજન મળી શકે છે. શુદ્ધ નાઇટ્રોજન દહન ક્રિયાને રાખી શકે નહિ, પણ તેથી વળી જીંદગી પણ જતી રહે છે.

હાઇડ્રોજન તથા ઓકિસજનની સાથે વિષમ પ્રમાણથી સંયોગ પામેલ કાર્બન ધણું કરીને સઘળા વનસ્પતિઓમાં માલમ પડે છે. વળી સર્વ પ્રાણીઓની ચરબી તેમજ વનસ્પતિનાં તેલોમાં પણ કાર્બન ઓકિસજન તથા હાઇડ્રોજનની સાથે મળેલો માલમ પડે છે. માંસમાં તથા મગજમાં વળી કાર્બન નાઇટ્રોજન ભેળો પણ હોય છે. સાંકડી નસોની અંદર હાડકાંઓની રાખ ( calcination ) થી થયેલ કાર્બન, એજ પ્રાણીનો કાળો રંગ છે. પ્રાણીઓનાં શરીરો જુદા જુદા પ્રમાણમાં માત્ર ચાર સાદા પદાર્થો

કાર્બન, હાઇડ્રોજન, ઓક્સિજન, અને નાઇટ્રોજન—નાં છેક બનેલાં હોય છે, જ્યારે ક્રાયસ્ટામાંથી હવાને જુદી પાડવામાં આવે છે, ત્યારે ખાડીમાં જે બજેલો ક્રાયલો ( coke ) રૂઢે છે, તે કાર્બનનું એક રૂપ છે. કાર્બન સીસું ( graphite ) તથા હીરો ( diamond ) પણ કાર્બનનાં રૂપો છે. લાકડાં બજેલો ક્રાયલો ( charcoal ) ક્રાયલો ( ખાલુમાંનો ) અથવા બજેલો ક્રાયલો ( coke ) એ જ્યારે ધીરે ધીરે બળવા માંડે છે, ત્યારે તે ઓક્સિજનની સાથે મળવા માંડે છે, અને કાર્બોનિક ઓક્સાઇડ ( carbonic oxide ) નામની હવા બને છે. કાર્બોનિક મોનો ક્સાઇડ ( carbonic monoxide ) નામની હવાને ફેફસામાં જાય છે તો તે અત્યુ બંધકર ઝેર છે. આ હવાનો હજારમો ભાગ પણ જે સારી હવામાં મળેલો હોય તો તેથી મરણ એકદમ થઈ જાય છે. રાંધવાના ચૂલાઓમાં કે શગડીઓમાં ક્રાયલો બાળવા



માં આવેલ હોય તો તેમાંથી કાર્બન મોનોક્સાઇડ-  
મળી શકે છે. એટલા માટેજ રાંધણિયાંઓમાં ધૂમા-  
ણિયાંનાં ભૂંગળાં રાખવાની જરૂર છે, અને જે  
ઓરડામાં કોયલા બાળવામાં આવેલા હોય એવા  
ઓરડામાં સૂવું તો નહિજ જોઈયે.

ત્રીયક્ષેત્રે લોકડાંનો કોયલો, અથવા હરકોઈ  
બળનો પદાર્થ ઝડપથી બળવા માંડે છે, સારે તે  
હવામાંના ઓક્સિજનજનની સાથે મળેછે, અને એથી  
જે હવા બનેછે તેને કાર્બન ડાયોક્સાઇડ (carbon-  
dioxide) કહેછે, અને કાર્બન મોનોક્સા-  
ઇડ કરતાં તેમાં ઓક્સિજન બમણો હોય છે. કાર્બન  
મોનોક્સાઇડ કરતાં કાર્બન ડાયોક્સાઇડ બંધકર  
થોડી છે; તોપણ તેથી બંધકર રોગ અને વખતે મરણ  
પણ થાય છે પોતાના શ્વાસોશ્વાસમાં માણસો ઓ-  
ક્સિજન લેંછે અને કાર્બન ડાયોક્સાઇડ બહાર કાઢી  
નાંખે છે, જવના તથા બીજા દારૂઓના ઉભરામાં  
પણ કાર્બન ડાયોક્સાઇડ હોય છે. આવા ઉભરાઓ

બધકર થઈ પડે એવા, જ્યારે સાધારણ હવામાં વધારે હોય છે, ત્યારે તે હવામાં કાર્બન ડાયોક્સાઈડ વધારે હોય છે.

અમુક ડાયોક્સાઈડ અને ચૂના ( lime ) નો સંયોગ થવાથી લાઈમ કાર્બોનેટ ( carbonate of lime ) બને છે. માત્ર ચૂનાના પાણીમાં આપણે શ્વાસ મૂકવાથી તે લાઈમ કાર્બોનેટ બને છે. કેલ્શિયમનું ઓક્સાઈડ ( calcium oxide ) તે ચૂનો છે, એટલે કે કેલ્શિયમની સાથે ઓક્સિજનનો સંયોગ તે તે ચૂનો છે. એ રીતે સઘળા ધાતુઓમાં ઓક્સિજનનો સંયોગ થઈ શકે છે, અને તેમ થાય તેને ઓક્સાઈડ કહે છે.

ભેજવાળી હવામાં લોહાને કાટ ચઢે છે. હવામાંના ઓક્સિજનની સાથે લોહાનો સંયોગ થવાથી કાટ બને છે, તેથી તે કાટ લોહનું ઓક્સાઈડ ( ferrum

oxide ) કહેવાય છે. બેજવાળી હવામાં ત્રાંખું રાખવાથી એ ત્રાંખા ઉપર ગંમાલ ( Verdigris ) નામનો કાટ લીલા રંગનો બને છે, તેને ત્રાંખાનો ઓક્સાઈડ ( oxide of copper ) કહે છે.

સોનું તથા રૂપું, એ બેમાંથી માત્ર તેમને હવામાં ખુલાં મૂકવાથી જ ઓક્સાઈડ બનતાં નથી, તેથી તેઓ પૃથ્વીમાં શુદ્ધ રૂપમાં માલમ પડે છે, અથવા મૂળ સ્થિતિમાં માલમ પડે છે.

લોદું, જસત, કલાઈ, સીસું, એ હમેશાં ઓક્સિજન સાથે અથવા ગંધક સાથે મળે છે.

૩.

૧—ગતિ.

ઇન્દ્રિય જ્ઞાનમાં ત્રણ અત્યંત કઠણ વિષયો છે, એ. તેઓ ગતિ ( motion ) પોષણ ( nutrition ),

અને જ્ઞાન ( sensation ) છે. દરેક જાતની ગતિમાં ત્રણ મુખ્ય ભાગો આવે છે; હાડકાંઓ ( bones ), સાંધા ( joints ), અને સ્નાયુઓ ( muscles ). શરીરનું હાડપિંજર ત્રણ પ્રકારનાં હાડકાંઓનું બનેલું છે. પાંસળીઓ સહિત ખરડાનો સ્તંભ ( spinal column ), પાંસળીનાં કોમલાસ્થિઓ તથા છાતીની દાલ ( sternum ), તથા મગજની ખોપરી તથા તેના અવયવોનાં હાડકાંઓ.

હાડકાંઓ સંપૂર્ણ રીતે કે તેનો કઈક ભાગ સંદ્રિય ( organic ) કે પ્રાણિજ પદાર્થનો બનેલો હોય છે. એ પદાર્થ બાળકપણમાં કોમલાસ્થિ ( cartilage ) કહેવાય છે, અને મોટી ઉંમરે તે પથ્થર જેવા બનિજ પદાર્થ બની જાય છે. એ પદાર્થ લાઈમ કાર્બોનેટ ( carbonate of lime ) અને લાઈમ ફોસ્ફેટ ( phosphate of lime ) નો બનેલો હોય છે, અને હાડકાંઓમાં ઘણો ભાગ આ બે

પદાર્થોનો હોય છે, તોપણ તેમાં હજી પણ કંઈક ભાગ સંદ્રિયનો પણ રહે છે ખરો. હાડકાંની અંદરના ભાગમાં નરમ ચરબી જેવો પદાર્થ હોય છે, તેને મજ્જા ( marrow, ) કહે છે.

ખરડાનો સ્તંભ એક જાતના કઠણ પદાર્થની બનેલી કરોડો ( vertebra ) નો બનેલો છે, અને એ કરોડોની પાછળ હાડકાંની વીટી જેવું હોય છે. આ વીટીઓ એક ઉપર બીજી, એમ એવી રીતે ગોઠવેલી હોય છે કે તેનાં છિદ્રો એક ઉપરબીજીને એમ આવીને ખરડાની નળી ( spinal canal ) કહે

અને તેનો સંબંધ માથાની ખોપરી સાથે હોય છે. પીઠની કરોડો ( dorsal vertebrae ) નો સંબંધ પાંસળીઓ સાથે હોય છે, અને એ પાંસળીઓ આગળથી કોમલાસ્થિઓ તથા છાતીની ઢાલ ( sternum ) થી જોડાયેલ હોય છે. આથી કરીને એક જાતનું પાંજરું બની રહે છે તેને છાતીનું પોલાણ ( thorax )

કહે છે. ખરડાની કરોડના નીચેના ભાગમાં નીચે નીચેથી ન્હાની ન્હાની થતી જતી પાંચ કરોડો છે, તેઓ એક બીજી સાથે જોડાઈ જઈને એક હાડકા જેવું થઈ જાય છે. એ હાડકાને ગુદાસ્થિ (sacrum) કહે છે. તે કમરના હાડકા સાથે તથા નીચેના અવયવોનાં હાડકાંઓની સાથે જોડાયેલ હોય છે.

ખરડાના સ્તંભની ઉપરના ભાગમાં ખોપરી (skull) આવેલ છે. એ ખોપરીમાં આંખના ગોખલાઓ (cavities), નાકનાં છિદ્રો તથા પોલાણ અને તેની નીચે ઘાંતો જણાયલા એવાં બે જડખાં હોય છે. ઉપરનું જડખું ખોપરી સાથે જોડાયેલું તથા ચોટિયું છે, અને નીચેનું જડખું ઉપર નીચે તથા બંને બાજુ એ હાલી શકે છે.

હાથોની અંદર ખભા તથા કોણીની વચ્ચે બાહુનું હાડકું (humerus) છે, કોણીથી તે કાંધા સ્તંભમાં બે હાડકાંઓ (radius અને ulna)

છે, હાથેળાની પીઠ ઉપર હાડકાંના કડકાંઓ (metacarpus) છે, અને બીજાં હાડકાંઓ આંગળાઓનાં છે. કાણીથી કાંડાં સધીનાં બે હાડકાંઓ આંગળાઓનાં છે. કાણીથી કાંડાં સધીનાં બે હાડકાંઓમાંના કૂર્પર (palm) નામના હાડકાંના ઉપરના માથાની કાણી બનેલી છે.

બાહુનું હાડકું ખભાના ગરકા (scapula) સાથે જોડાયેલું છે. ખભાનો ગરકો છાતીની બપોલની પાછળના ભાગમાં મૂકાયેલ છે, પણ તેનો સંબંધ બરડા સાથે નથી. એ ખભાના ગરકા સાથે જોડાયેલ છેાતીની ઢાલ સધી પહેાંચીને તેની સાથે જોડાયેલ હાડકું ગળાની હાંસડી (clavicle) નું છે.

પગોની અંદર કમરેથી તે ગોઠવણ સધીનું એક હાડકું (femur) છે, તથા ગોઠણ અને ઘૂંટીની વચ્ચે બે હાડકાંઓ (tibia અને fibula) છે. ઘૂંટીનાં હાડકાં (tarsus) ના કડકાંઓ છે, અને

પગના પંજા ઉપરના કડકાઓ ( metatarsus ) છે. એ સિવાય આંગળીઓ છે. ગોઠણમાં પણ એક હાડકું ( patella ) છે. અને સાયળનાં હાડકાંઓ કમરનાં હાડકાં સાથે જોડાયેલાં છે, અને એ કમરનાં હાડકાંઓ મુઠ્ઠાસ્થિ સાથે જોડાઈને અરડાનો નીચેનો છેડો બનેલો છે.

એ હાડકાંઓ જોડાયેલ છે તથા એક સાથે જોડાઈને ખીજું ફરી શકે છે તે ભાગને સાંધા ( joints ) કે ( articulation ) કહે છે. આ સાંધાઓને મજબૂત કરવા માટે તેની ઉપર દોરડાંઓ ( ligaments ) આંધેલ હોય છે. સાંધામાંથી જો એકાદ હાડકું ખસી જાય છે તો તેને હાડકું ખસી ગયું ( dislocation ) કહેવાય છે.

સાધારણ રીતે જેને માંસ ( flesh ) કહે છે તેના સ્નાયુઓ ( muscles ) બનેલા હોય છે. તેઓ રાતા રેષાઓના બનેલા હોય છે અને છેડા-



ઝોઝેથી તેઓ હાડકાં સાથે ચોંટલા હોય છે. તેમ-  
 નામાં સંકોચાવાનો ધર્મ હોય છે, એટલે કે છેડેથી  
 સ્થરની પેઠે લાંબા ટૂંકા થઈ શકે એવા તે હોય છે.  
 આ સ્નાયુના રેષાઓ છેડેથી હાડકાં સાથે લાગેલા  
 હોય છે, તોપણ તેઓ એક બીજા સાથે વણાઈને  
 બાંધેલાં દોરડાં ( tendon કે sinew ) બનેલાં હોય  
 છે. એ દોરડાં મજબૂત અને ઘોળા રંગનાં હોઈને  
 હાડકાં ઉપર બંધાયેલાં હોય છે. આપણાં હાથ, પગ,  
 માથું, જડખાં, હોઠ, ગાલ, આંખો, વગેરેનું હલન-  
 ચલન તેમનાથી થઈ શકે છે. આપણે સીધા જોતા  
 રહીએ ત્યારે સ્નાયુઓ સંકોચાય છે તેથી શરીર  
 વળતું નથી. ત્યારે આપણે આપણો હાથ ઉઘો  
 કરીએ અથવા આપણું મોઢું ઉઘાડીએ, ત્યારે એક  
 જાતની ગતિ ઇચ્છાવાળી ( voluntary move-  
 ment ) થાય છે. આવી કેટલીક ગતિઓ ઇચ્છાથી  
 થાય છે, તેમજ વગર ઇચ્છાથી પણ થાય છે, જેમકે

આંખ મટમટાવવી; પણ કેટલીક ગતિઓ ઈચ્છા વગરની (involuntary) હોય છે, જેમકે જાતીનો ચક્ષુ અને પેટનું રહોવાવું, ઇત્યાદિ.

## ૨—પોષણ.

પોષણની ક્રિયામાં બે કામ બને છે: એક પાચન (digestion) તેથી ખાધેલ ખોરાક પ્રવાહી રૂપ થાય છે તેથી તે આંતરડાંની નળીમાં ચાલી શકે છે અને લોહીમાં મળે છે; અને બીજું લોહીથી થતું તેનું શોષણ (absorption). પાચન નળીની અંદર રહેલા કેટલાક રસો તથા દાંતો વડે પાચનનું કામ પાચન નળીમાં બને છે. દાંતો તથા જીભ વડે ચાવીને ખાવાનું કામ (mastication) થાય છે.

પુખ્ત વયના માણસને ૩૨ દાંતો હોય છે, તેમાં ૧૬+૧૬ દરેક જડબામાં હોય છે. એમાં પણ ચાર ચાર કાપવાના (incisors), બે બે ચાવવાના

( canine ), અને દસ દસ દાંડો ( molars ) હોય છે. છ વર્ષ સુધીના બાળકને ૨૦ જ દાંત હોય છે. તેમને દાંડો બંને જડબામાં દસને બદલે ચાર ચાર હોય છે. માંસની અંદરના પાયાના ભાગ સિવાય બહારનો દાંતનો ભાગ ઓપવાળો હોય છે. તેઓ એક, બે, કે ત્રણ અણીઓ ( fangs ) થી ચોંટલા હોય છે, અને તે મૂળોના ખાણો ( alveoli ) માં જડાયેલાં હોય છે. દરેક દાંતમાં એક ખાડો હોય છે તેમાં રસ ( pulp ) હોય છે; એ રસ નરમ હોય છે અને તેમાં રક્ત શિરાઓ અને શાનતંતુઓ પણ હોય છે.

ખોરાક ચાવવાની ક્રિયામાં થુંક ( saliva ) બહુ મદદ કરે છે. એ એક રસ છે તે એ બાબતની ગાંઠો ( salivary glands ) માંથી આવે છે. અમુક જાતના રસને ઉત્પન્ન કરીને સાચવનાર અવશ્યવને ગાંઠ ( gland ) કહેવાય છે. આ પ્રમાણે

આંખમાંની ગાંઠો ( lachrymal glands ) માં આંસુ ( tears ) થાય છે, ચામડીમાં થતી ગાંઠો ( sudoriparous glands ) માં પરસેવો (sweat) થાય છે, વગેરે.

ખોરાક ચાવ્યા પછી ગળે ઉતરે છે ત્યારે છાતીમાં અન્નનળી ( oesophagus ) નામની નળી વાટે તે નીચે ઊતરે છે, અને ત્યાંથી તે હોજરી ( stomach ) માં આવે છે હોજરી એક મશકના આકારની હોય છે તેમાંથી ખોરાક ન્હાનાં આંતરડાં ( intestine ) માં જાય છે, અને ત્યાંથી તે મોટાં આંતરડાંમાં જાય છે.

આ આખા નળી રૂપ માર્ગને અન્નનળી ( alimentary canal ) કહે છે, તે મોટેથી તે મોટાં આંતરડાં સુધી હોય છે. ખોરાક આ નળીમાં ચાલે છે તેમાં માર્ગમાંની ગાંઠોમાંના રસોથી ભીંજીને રૂપાંતર પામતો જાય છે. આ રસોમાંનો પહેલો થૂંક ( saliva ) છે તે લોટમાંથી સાકર બનાવે

છે. હોજરીમાં જઠર રસ ( gastric juice ) હોય છે તે માંસ અને આલ્બ્યુમેન ( albumen ) ને ખાજેછે, અને સાધારણ રીતે પ્રાણિજ પદાર્થોને તે ગાળે છે. કચરા સિવાયનો ખોરાકનો ભાગ જે થૂંક તથા જઠરસથી ગળ્યો ન હોય તે નાનાં આંતરડાંમાંની ગાંડોના રસોથી ગળે છે. આ ગાંડોમાં મોઢામાં મોટી એક ગાંઠ ( pancreas ) છે. કચરો તો મોઢાં આંતરડાંમાં ચાલ્યો જાય છે. ઉદરના પોષાણમાં જમણીમેર મોટી ગાંઠ યકૃત ( liver ) ની છે તે બહુ અગત્યની છે. તેમાં પિત્ત ( bile ) બને છે. ફરતું ફરતું લોહી આ ગાંઠમાં આવે છે ત્યારે તેમાં બનેલું પિત્ત એ લોહીમાં કંઈક મળે છે અને તેથી લોહીમાં કંઈ ફેરફાર થાય છે. ખાધેલ ખોરાક પ્રવાહી બનીને આંતરડાંમાંની દિવાલમાં રહેલી પેશીઓમાં પસાર થાય છે અને લોહીની સાથે મળે છે. આ ક્રિયાને શોષણ ( absorption ) કહે છે.

લોહી એક રંગ વગરતો પ્રવાહી પદાર્થ છે અને તેમાં ઘણા ખારીક રક્ત કણો ( red corpuscles ) અસંખ્ય તરતા હોય છે. એક પોલા સ્નાયુના અવ-

૫૫—હૃદય ( heart )—માંથી લોહી આખા શરીરમાં ફરવા નીકળે છે. અમુક અંતરે એ હૃદય થડક્યા કરે છે ( સંકોચાયા કરે છે ). દરેક સંકોચ કે થડકે લોહી આશરે ત્રણ ઑંસ ( ૭૫ તોલા ) જેટલું હૃદયમાંથી ધોરી નસ ( Arteries ) માં જાય છે. ધોરી નસના ભાગો તથા વિભાગો હોય છે. એ બધા છેડેથી જોડાઈને અત્યંત બારીક નળીઓ ( capillary vessels ) બને છે. એ નળીઓ પાછી એકઠી મળીને પાછી મોટી મોટી નળીઓ બનતી જાય છે તેને શિરા (veins) કહે છે. આ ધોરી નસો, જીણી નળીઓ, તથા મોટી શિરાઓમાં લોહી ફરે છે. એ રીતે હૃદયમાંથી લોહી ધોરી નસોમાં, ત્યાંથી જીણી નળીઓમાં, અને ત્યાંથી મોટી નસોમાં જાય છે, અને મોટી નસોમાંથી તે પાછું હૃદયમાં આવે છે. હૃદયના થડકા કરતા સંકોચોના થડકારાથી લોહી આગળ આગળ ધકેલાતું જાય છે અને ફરે છે. લોહીના આ ફરવાને રુધિરાભિસરણ ( circulation ) કહે છે.

હૃદયના કાંડા તથા લમણાં ઉપર થડકારા જ-

શ્વાય છે તેને નાડી ( pulse ) કહે છે. એ જગ્યાએ નસો ચામડીની પાસે જ હોય છે તેથી હૃદયના થડકાથી લોહી નસમાં ધકેલાય છે તેના એ થડકા હોય છે.

આધેના ખોરાકમાંથી કંઈક ભાગ લોહી લઈ લે છે અને તેમાંથી કંઈક ભાગ તે સાચવી રાખી મૂકે છે, અને બાકીનો ભાગ લોહી પોતે લેઈ લે છે, એટલે કે તેમાં નવું લોહી બને છે. આ લોહીમાં મળવાથી તેમાં આથરે ફેર-હીટ  $100^{\circ}$  ( સેન્ટી ગ્રેડ  $80^{\circ}$  ) ની ગરમી શરીર આખામાં રહે છે. આ પ્રમાણે ખોરાકને ખાઈ જઈને લોહી ગરમ થાય છે તેથી હવામાંના ઓક્સિજનની જરૂર તેને પડે છે, તે એ શ્વાસ મારફત લેછે અને બદલામાં બજેલ ધૂમાણ ૩૫ કાર્બન ડાયોક્સાઇડને તે બહાર કાઢી નાંખે છે.

જે હવા આપણે શ્વાસમાં લેઈએ છિયે તે એક નળી ( trachea ) માં જાય છે, અને ત્યાંથી તે ફેફસામાં જાય છે. અસંખ્ય ન્હાની નળીઓ ( bronchioles ) વાળાં પોલાં ફેફસાં ( lungs ) હોય છે.

નીચે એક પટલ (diaphragm) છે એવી છાતી, બહારથી હવા અંદર આવે છે ત્યારે એક નિનિટમાં આશરે ૧૭ વાર ડુલે છે. આ ક્રિયાને શ્વાસ લેવો (inspiration) કહે છે. તુરંતજ છાતી ટૂંકી થઈ સંકોચાય છે અને અંદરની હવા બહાર નીકળી જાય છે, એ ક્રિયાને શ્વાસ કાઢવો (expiration) કહે છે.

લોહી ફરે છે તે સઘળું લોહી ફેફસામાંથી અરધી નિનિટમાં પસાર થઈ જાય છે. દરેક શ્વાસમાંથી આવતા ઓકિસજનને એ લોહી લેઈ લે છે, અને સૂક્ષ્મ નળીઓ મારફત આખા શરીરમાં તેને લેઈ જાય છે. માર્ગમાં એ લોહી ઓકિસજનનો ઘણો ભાગ દેહના કેટલાક ભાગોને આપી દેતું જાય છે. એ રીતે ઓકિસજન આખા શરીરમાં વપરાઈ જાય છે, પણ માત્ર તે ફેફસામાંજ રહેતી નથી, અને તેથી આખા શરીરમાં ગરમી રહી શકે છે. પ્રાણીના શરીરમાંથી હવા કાઢી લેવામાં આવે તો તે રોધ (asphyxia) થી મરણ પામે છે. ફેફસામાંથી જે હવા બહાર ની-



કળી જાય છે તેમાં કાર્બન ડાયોક્સાઇડ હોવાથી તે શુદ્ધ હોતી નથી; એટલા માટે આપણા રહેવાના ઘરની બારીઓ આપણે ખુલી રાખવી જોઈએ. એથી બહારની ખુલી હવા અંદર આવે છે અને અંદરની ખરાબ હવા બહાર નીકળી જાય છે.

હંડી લોહીવાળાં પ્રાણીઓ શ્વાસમાં ઓક્સિજન લે છે, પણ તેમનામાં ગરમી એટલી તો થોડી પેદા થાય છે કે તેમના શરીરની ગરમીનું પ્રમાણ આસપાસની હવા કરતાં ભાગ્યેજ વધે છે. માછલીઓ પોતાની ફેફસાંની નળીઓ વડે શ્વાસ લે છે, અને હવામાંના ઓક્સિજન પાણીમાં મળી જઈને તેમના લોહીમાં જાય છે.

---



